

# ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА БИМЕТАЛЛА Cu-Ti-Cu, ПОЛУЧЕННОГО СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ

**Русаков К.А., Аминев А.В.**

*Руководитель – доцент, к.т.н. Голубев В.И.*

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
kirillustuvs@yandex.ru

Слоистые композиционные материалы в электролизных системах в виде биметалла Cu-Ti-Cu применяются для катодного токоподвода. К титановой пластине приваривается лист из титанового сплава, который погружается в электролизную ванну и является катодом. Медь применяется благодаря своей высокой электропроводности, титан из-за высокой коррозионной стойкости в агрессивных средах электролитов и малой адгезии к меди.

Токоподвод Cu-Ti-Cu получают сваркой взрывом совмещенным или последовательным методом. При образовании шва возникают большие остаточные напряжения, усугубляющиеся наклёпом слоёв. При несоблюдении технологии в структуре шва возникают литые участки, почти всегда интерметаллидные прослойки.

Такие дефекты ослабляют прочность шва и уменьшают электропроводность, а при работе токоподвода и матрицы из-за перераспределения напряжений возникают коробления последних, ухудшающие процесс электролиза.

В работе проведены исследования по влиянию температуры нагрева на электропроводность и изменение твердости в зоне сварного шва в интервале температур от 200°C до 600°C.. Одновременно проведен ряд нагревов в области высоких температур от 700°C до 850°C с целью получения интерметаллидных прослоек и возможности легкого разделения меди и титана в зоне сварного шва для утилизации его составляющих металлов.

В таблице 1 приведены значения удельного сопротивления образцов Cu-Ti-Cu в зависимости от температуры отжига (1 час).

Таблица 1 – Влияние температуры отжига на удельное электросопротивление биметалла Cu-Ti-Cu

$T_{отж}, ^\circ\text{C}$	250	350	450	550	650	750
$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м} \cdot 10^{-6}$	1,235	1,137	1,245	1,322	1,284	1,275

Удельное сопротивление исходных образцов, в среднем, составило  $1,243 \cdot 10^{-6}$  Ом · м. Как и ожидалось, в интервале температур от 250°C до 350°C протекают процессы отдыха и рекристаллизации в меди в околошовной зоне, что и обуславливает уменьшение удельного электросопротивления. Увеличение температуры отжига приводит к увеличению толщины слоя интерметаллидных соединений в околошовной зоне и, как следствие, к росту электросопротивления. Незначительное падение удельного электросопротивления в интервале температур от 550°C до 750°C связано, по-видимому, с протеканием процессов рекристаллизации в титане.

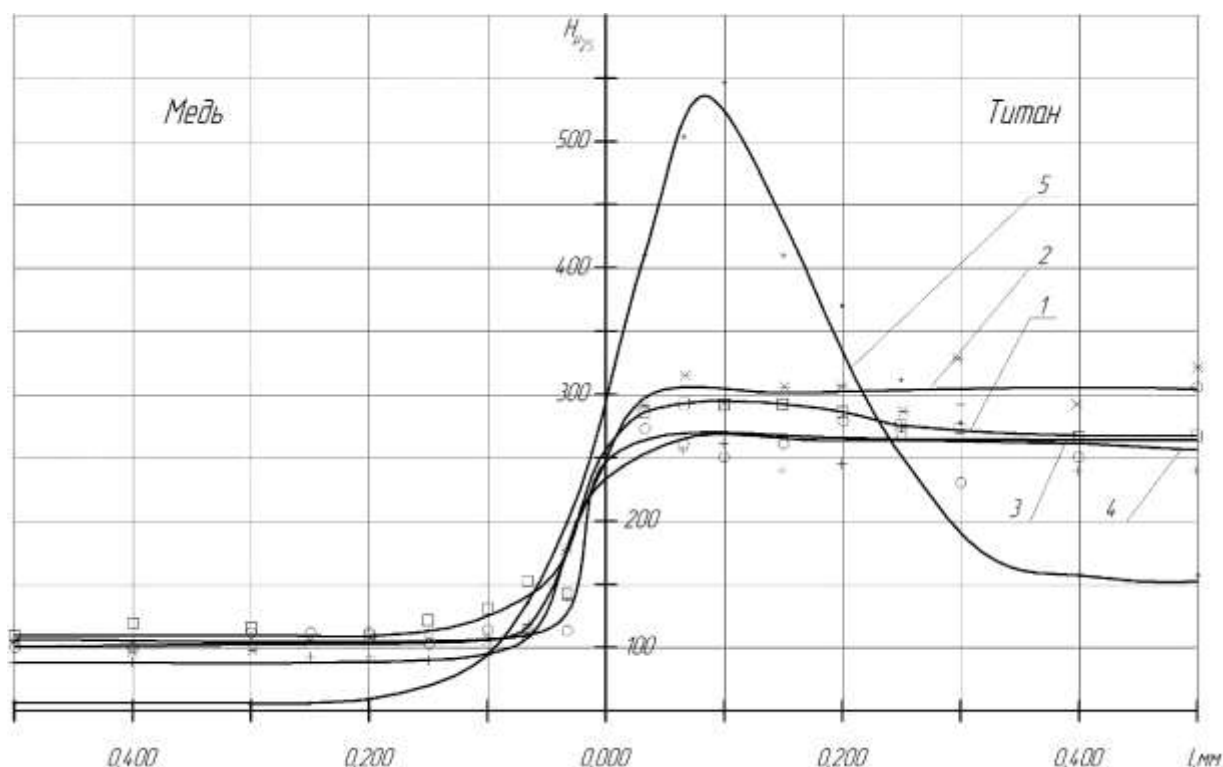


Рисунок 1 – Изменение микротвердости в околошовной зоне Cu-Ti после отжига: 1(□) – исходный, 2(\*) – 400°C, 3(○) – 500°C, 4(+) – 600°C, 5(·) – 850°C.

Микротвердость при повышении температуры на меди в околошовной зоне снижается согласно закономерности уменьшения электросопротивления. Практически, наклеп снижается при температуре от 300°C до 350°C в связи с процессом рекристаллизации (на рис. 1 не показано).

С другой стороны шва, на титане, подобная закономерность не соблюдается. При нагреве до 400°C и 500°C микротвердость не снижается, а наоборот повышается. После нагрева до 600°C происходит полная рекристаллизация и снятие наклепа.

Упрочнение некоторых металлов и сплавов на основе Cu, Ni, Nb при дорекристаллизационном отжиге связывается с закреплением подвижных дислокаций в сильно деформируемом материале и в том числе дислокационных стенках при полигонизации и атомами растворенных примесей (типа атмосфер Котрелла)[2].

Для технического титана, всегда содержащего O, N, C, совместно с интенсивной деформацией при взрыве может также наблюдаться данное явление.

Нагрев до 850°C преследовал цель получить интерметаллидные прослойки значительной толщины. При таких условиях образовались прослойки толщиной до 150 мкм состава TiCu (исследовано на приборе МАР-3) с микротвердостью 550 МПа. После 10 часов выдержки и охлаждения в воде разделения составляющих сварного шва не произошло. Вероятно толщина интерметаллидных прослоек и возникшие напряжения при этом незначительны. Как было замечено впоследствии, при длительной выдержке при комнатной температуре, некоторые образцы самопроизвольно разделились. Поэтому необходимы дальнейшие исследования по закономерностям образования интерметаллидов и их свойствах при быстром охлаждении.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Производство слоистых композиционных материалов / А. Г. Кобелев, [и др.]. М.: Интермет Инжиниринг, 2002. 496 с.
2. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов: учебник / И.И. Новиков. М.: Металлургия, 1986. 392 с.